

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Konsep Dasar *Lean*

Prinsip *lean* berasal dari industri manufaktur Jepang. *Lean* sering diartikan adalah suatu peralatan yang dapat membantu mengurangi pemborosan produk, pemborosan biaya, pemborosan waktu dan sebagainya. *Lean* menjelaskan bahwa mengurangi pemborosan dapat menggunakan metode *Value Stream Mapping* (VSM), 5S, Kanban, serta Poka-yoke. Menurut Toyota bahwa *lean* bukan hanya peralatan tetapi dapat mengurangi 3 jenis pemborosan yang dikenal dengan istilah bahasa Jepang yang antara lain adalah Muda (pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah), Muri (pekerjaan yang berlebihan) dan Mura (ketidakseimbangan) dengan menemukan masalah secara sistematik.

Menurut Gaspersz dan Fontana (2011), menjelaskan *Lean* adalah suatu upaya terus-menerus (*continous improvement efforts*) untuk menghilangkan pemborosan (*waste*), dan untuk meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan atau jasa), agar memberikan hasil kepada pelanggan (*customer value*).

Jadi, dapat disimpulkan bahwa *lean* adalah sekumpulan metode untuk mengeliminasi pemborosan seperti mengurangi waktu tunggu, produksi berlebih, produk cacat dan sebagainya. Menurut Gaspersz (2012), mendefinisikan bahwa *lean* adalah suatu filosofi bisnis yang meliputi pada penggunaan sumber daya yang termasuk sumber waktu dalam aktivitas perusahaan yang melalui perbaikan dan peningkatan terus-menerus, sehingga hanya berfokus pada eliminasi aktivitas yang tidak bernilai dalam desain produksi yang berhubungan dengan manufaktur atau operasi yang berkaitan langsung dengan pelanggan.

Dalam jurnal Holweg (2007), mengatakan bahwa "*Lean production not only successfully challenged the accepted mass production practices in the automotive industry, significantly shifting the trade-off between productivity and quality, but it also led to a rethinking of a wide range of manufacturing and*

*service operations beyond the high-volume repetitive manufacturing environment”.*

Dapat disimpulkan bahwa lean produksi atau produksi ramping atau sering disebut *lean* merupakan praktek produksi yang mempertimbangkan pengeluaran sumber daya untuk menciptakan nilai produk bagi pelanggan yang akhirnya mengalami pemborosan, sehingga dengan target lean untuk mengeliminasi pemborosan.

### **2.1.1 Pengertian Pemborosan**

Menurut Heizer dan Render (2009), Pemborosan terjadi pada proses bisnis pabrik yang sering ditemukan seperti produk cacat, kelebihan persediaan, pemborosan waktu dan sebagainya. Dengan hal ini pabrik berusaha untuk mengeliminasi semaksimal mungkin untuk tidak terjadi pemborosan. Dapat dilihat bahwa karyawan sering ditemukan lebih dari 95% dengan waktu yang tidak digunakan untuk menambah nilai produk, menunggu bahan material dikirim ke rantai produksi, mesin sering dalam perbaikan sehingga dapat menyebabkan pemborosan.

Dapat disimpulkan bahwa pemborosan dapat terjadi dimana saja, karena pemborosan tidak dapat terlihat sehingga banyak pabrik mengalami pemborosan dengan pemborosan waktu yang tanpa disadari, produk cacat menyebabkan pemborosan, menunggu waktu, produksi berlebihan, pemborosan inventory dan sebagainya. Untuk menghilangkan pemborosan dengan cara mengeliminasi persediaan yang berlebihan, meningkatkan nilai produk, mengendalikan nilai biaya untuk memungkinkan harga jual rendah tetapi laba meningkat, memperbaiki kinerja karyawan.

### **2.1.2 Jenis Pemborosan**

Suatu studi oleh Joshi et al. (2013), mengatakan “*Muda is a Japanese expression for wastages within the manufacturing systems. One way to enhance profitability of the firm is to fundamentally trim down costs. Where improving product quality, reducing production costs and being first to market also quick*

*respond to customers is the main criteria of enhancing profitability of the organization. There are primarily seven types of MUDA"s".*

Dapat disimpulkan bahwa Muda adalah segala kegiatan atau aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah. Dalam hal ini Muda merupakan salah satu konsep utama dari *Toyota Production System* (TPS). Proses ini berupaya untuk menekan pemborosan dan segala aktivitas sumber daya sehingga dapat bernilai tentunya dengan kualitas yang tinggi.

Menurut Hazmi et al. (2012). "Penerapan *Lean Manufacturing* untuk Mereduksi *Waste*". Peningkatan untuk meminimasi pemborosan (*waste*) selama proses produksi terjadi adanya pemborosan antara lain *inappropriate processing, unnecessary inventory, waiting* dan *defect*. *Lean Manufacturing* merupakan pendekatan yang bertujuan untuk meminimasi pemborosan yang terjadi pada aliran proses produksi. Sehingga dapat disimpulkan dengan adanya dasar *lean* dapat mengetahui cara mengatasi pemborosan dan mengetahui akar penyebab yang terjadi.

Menurut Heizer dan Render (2009), dengan hal tersebut dapat dijelaskan 7 jenis pemborosan dikenal sebagai "MUDA" antara lain yaitu:

1. Produksi berlebih – *Overproduction*

Produksi berlebih adalah menghasilkan produk atau barang yang secara berlebihan dari yang dibutuhkan pelanggan. Dapat disimpulkan bahwa pemborosan tersebut paling buruk yang sering ditemukan di pabrik. Karena pemborosan ini terjadi memproduksi produk lebih banyak dari jumlah pemesanan, sehingga pemborosan ini dapat menyebabkan permintaan menurun dan tidak terjualnya persediaan (*stock*). Untuk mengatasi produksi berlebih, dengan cara menjadwalkan dan memproduksi sesuai dengan jumlah yang ditentukan.

2. Menunggu – *Waiting*

Pemborosan terjadi pada saat tangan operator menganggur atau menunggu proses. Pemborosan ini dapat terjadi pada gangguan mesin sehingga menunggu perbaikan mesin, jalur kerja yang tidak seimbang. Dapat disimpulkan bahwa pemborosan tersebut karena operator hanya melihat

dan mengawasi proses berjalannya mesin sehingga operator tidak melakukan apa-apa, dan pekerjaan sepenuhnya telah dilakukan oleh mesin.

3. Memindahkan – *Transporting*

Pemborosan memindahkan – *transporting* terjadi pada kegiatan pergerakan yang berlebihan dan penanganan yang berlebihan bisa menimbulkan kerusakan serta kemungkinan menyebabkan mutu produk menurun. Hal ini terjadi pada produk yang ditangani secara berulang-ulang dari satu proses ke proses berikutnya tanpa memberikan nilai tambah produk.

4. Proses – *Processing*

Pemborosan ini terjadi adanya teknologi yang kurang tepat atau rancangan produk yang kurang baik. Pemborosan proses ini terjadi pada banyak kasus seperti yang diakibatkan karena kegagalan melakukan sinkronisasi proses. Operator seringkali melakukan pekerjaannya pada bidang tertentu lebih teliti dari yang diisyaratkan.

5. Persediaan – *Inventory*

Pemborosan persediaan hampir sama dengan pemborosan produksi berlebih, hanya saja pemborosan persediaan merupakan pembelian bahan material yang terlalu banyak, sehingga persediaan menjadi menumpuk digudang. Oleh sebab itu untuk mengurangi pemborosan persediaan dengan cara yang menyingkirkan barang-barang persediaan yang tidak diperlukan, tidak membeli barang-barang dalam ukuran besar, dan tidak memproduksi barang yang tidak dibutuhkan pada proses berikut.

6. Gerakan – *Motion*

Terjadi karena adanya gerakan pekerja yang tidak berkaitan langsung dengan nilai tambah. Hal tersebut sangat berpengaruh pada efisiensi dari jalur produksi itu sendiri. Secara spesifik, semua gerak kerja yang membutuhkan usaha fisik berlebih dari pekerja merupakan pemborosan. Contoh gerakan tersebut adalah:

- Gerakan hilir-mudik mencari alat bantu.

- Mengambil dan mengembalikan alat ke tempat kerja yang letaknya berjauhan.

#### 7. Cacat – *Defects*

Pemborosan yang terjadi karena harus ada pengerjaan ulang terhadap produk atau bila produk cacat maka harus dimusnahkan. Hal ini berdampak pada:

- Operator pada proses produksi berikutnya menunggu.
- Menambah biaya produksi.
- Memperpanjang *lead time*
- Perlu kerja tambahan untuk membongkar dan mereparasi produk.

Dengan disimpulkan dapat dijelaskan dengan adanya jenis-jenis pemborosan dapat mengetahui jenis pemborosan yang terjadi. Hasil analisis terhadap jenis pemborosan dapat membantu perusahaan dalam melakukan identifikasi mengenai jenis-jenis pemborosan yang mungkin terjadi pada perusahaan.

## 2.2 *Six Sigma*

### 2.2.1 Definisi *Six Sigma*

Sigma (huruf abjad Yunani ke-18) adalah istilah statistik untuk menunjukkan penyimpangan standar (*standard deviation*), suatu indikator dari tingkat variasi dalam seperangkat pengukuran atau proses. Dalam penggunaan bisnisnya, kata itu menunjukkan cacat pada output suatu proses, dan membantu kita memahami sejauh mana proses itu menyimpang dari kesempurnaan. Sedangkan *Six Sigma* merupakan konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat atau kerusakan. Mencapai enam sigma berarti bahwa suatu proses menghasilkan hanya 3,4 cacat per sejuta peluang, dengan kata lain bahwa proses itu berjalan hampir sempurna. *Six Sigma* pun merupakan falsafah manajemen yang berfokus untuk menghapus cacat dengan cara menekankan pemahaman, pengukuran, dan perbaikan proses (Brue, 2002: 2)

Secara harfiah, *Six Sigma* ( $6\sigma$ ) adalah suatu besaran yang bisa kita terjemahkan secara gampang sebagai sebuah proses yang memiliki kemungkinan

cacat (*defects opportunity*) sebanyak 3.4 buah dalam satu juta produk/jasa. Ada banyak kontroversi di sekitar penurunan angka *Six Sigma* menjadi 3.4 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Namun bagi kita, yang penting intinya adalah *Six Sigma* sebagai metrics merupakan sebuah referensi untuk mencapai suatu keadaan yang nyaris bebas cacat. Dalam perkembangannya,  $6\sigma$  bukan hanya sebuah metrics, namun telah berkembang menjadi sebuah metodologi dan bahkan strategi bisnis.

*Six Sigma* menekankan penghilangan kesalahan, penghilangan “sampah”, dan meminimalisir pengerjaan kembali barang yang cacat. Dengan demikian, biaya yang semula digunakan untuk hal-hal tersebut, dapat dikurangi sehingga keuntungan yang diperoleh organisasi akan meningkat. *Six Sigma* merupakan simbol kesempurnaan penyelenggaraan manajemen mutu. Sigma merupakan simbol dari standar deviasi yang lazim kita temui dalam ilmu matematika dan statistika. Dengan demikian, konsep ini mengukur besar penyimpangan yang terjadi dari proses yang dilakukan. Makin tinggi nilai sigma yang diperoleh maka makin sempurna proses yang dilakukan oleh organisasi tersebut. Patut diketahui bahwa rentang nilai sigma yang digunakan adalah 1 hingga 6.

### 2.2.2 Prespektif Pengukuran *Six Sigma*

Sigma dalam statistik dikenal sebagai standar deviasi yang menyatakan nilai simpangan terhadap nilai tengah. Suatu proses dikatakan baik apabila berjalan pada suatu rentang yang disepakati. rentang tersebut memiliki batas, batas atas atau USL (*Upper Specification Limit*) dan batas bawah atau LSL (*Lower Specification Limit*) proses yang terjadi diluar rentang disebut cacat (*defect*). Proses *Six Sigma* adalah proses yang hanya menghasilkan 3.4 DPMO (*defect permillion opportunity*) (Pande, dkk., 2000).

*Six sigma* sesuai dengan arti sigma, yaitu distribusi atau penyebaran (variasi) dari rata-rata (*mean*) suatu proses atau prosedur. *Six sigma* diterapkan untuk memperkecil variasi (*sigma*).

Dari prespektif pengukuran, *six sigma* mewakili tingkatan kualitas dimana kesalahan paling banyak berjumlah 3,4 cacat per satu juta kemungkinan.

Jika perusahaan sudah mencapai level 6 sigma berarti dalam proses tersebut mempunyai peluang untuk cacat atau melakukan kesalahan sebanyak 3,4 kali dari 1.000.000 kemungkinan. Sekumpulan data yang sangat besar atau dapat dikatakan sebagai populasi, rata-ratanya dikenal dengan  $\mu$  (mu) dan standar deviasinya dikenal sebagai  $\sigma$  (sigma). Sebuah distribusi berbentuk kurva II-3 lonceng dari parameter atau karakteristik kualitas menunjukkan luas area dibawah kurva normal yang berada diantara atau diluar nilai batas dari rata-rata terhadap  $\pm 1\sigma, \pm 2\sigma, \pm 3\sigma, \pm 4\sigma, \pm 5\sigma$  dan  $\pm 6\sigma$ .

**Tabel 2.1 Hubungan Kuantitatif antara Sigma, DPM dan Cpk**

No.	Kapabilitas Sigma	Cacat/Kesalahan		C <sub>pk</sub>
		%	DPM	
1.	1 $\sigma$	69,15%	691,462 DPM	0,33
2.	2 $\sigma$	30,85%	308,536 DPM	0,67
3.	3 $\sigma$	6,68%	66,807 DPM	1,00
4.	4 $\sigma$	0,62%	6210 DPM	1,33
5.	5 $\sigma$	0,0233%	233 DPM	1,67
6.	6 $\sigma$	0,00034%	3,4 DPM	2,00

(Sumber: Gaspersz & Fontana, 2011)

### 2.2.3 Perhitungan Tingkat Sigma

Dalam pendekatan *six sigma*, proses yang terjadi dalam suatu pabrik atau perusahaan diukur kinerjanya dengan menghitung tingkat sigmanya. Semakin nilai sigma mendekati enam sigma maka kinerja dari proses dapat dikatakan sangat baik. Dasar perhitungan tingkat sigma adalah menggunakan DPMO untuk data atribut.

Perhitungan DPMO dan tingkat sigma untuk data atribut dapat dilakukan sesuai langkah-langkah perhitungan berikut ini:

1. *Defect Per Unit* (DPU). Ukuran ini merefleksikan jumlah rata-rata dari kegagalan, semua jenis, terhadap jumlah total unit dari unit yang dijadikan sampel.

$$DPU = \frac{D}{U} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: D = jumlah *defective* atau jumlah kegagalan yang terjadi dalam proses produksi

U = jumlah unit yang diperiksa

2. *Defect Per Opportunity* (DPO). Menunjukkan proporsi kegagalan atas jumlah total peluang dalam sebuah kelompok.

$$DPO = \frac{D}{U \times OP} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana: OP (*Opportunity*) = karakteristik yang berpotensi untuk menjadi kegagalan.

3. *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). DPMO mengindikasikan berapa banyak kegagalan akan muncul jika ada satu juta peluang.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \dots\dots\dots(3)$$

4. Mengkonversikan nilai DPMO menggunakan tabel konversi untuk mengetahui proses berada pada tingkat Sigma berapa.

5. Perhitungan tingkat Sigma dapat dengan mudah dihitung dengan menggunakan *Microsoft Excel* yaitu dengan menggunakan formula berikut ini:

$$NORMSINV (1-DPMO/1.000.000) \dots\dots\dots(4)$$

#### 2.2.4 DMAIC sebagai Aplikasi Six Sigma

*Six Sigma* merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui fase DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC merupakan jantung analisis *six sigma* yang menjamin *voice of customer* berjalan dalam keseluruhan proses sehingga produk yang dihasilkan memuaskan pelanggan (Gaspersz, 2002).

##### a. *Define*

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *six sigma*. Yaitu mendefinisikan tindakan-tindakan (*action plan*) yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci itu. Adapun yang dilakukan pada fase ini adalah (Gaspersz, 2002):

1. Pemilihan proyek terbaik berdasarkan pada identifikasi proyek yang sesuai dengan kebutuhan, kapabilitas dan tujuan organisasi.
2. Mendefinisikan peran orang-orang yang terlibat dalam proyek *six sigma*.
3. Mendefinisikan proses kunci dan pelanggan.
4. Mendefinisikan tujuan proyek *six sigma*.



b. *Measure*

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *Measure*, yaitu (Gaspersz, 2002):

1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada proses.
3. Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output*, dan *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja awal proyek *Six Sigma*.

c. *Analyze*

Merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Ada tiga hal penting dalam langkah ini yaitu (Gaspersz, 2002):

1. Menetapkan kapabilitas proses (Cp)
2. Mendefinisikan target-target kinerja
3. Mengidentifikasi sumber-sumber variasi

d. *Improve*

Dalam langkah ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan perbaikan untuk menurunkan DPMO dan meningkatkan *Six Sigma*. Dalam langkah *improve* ini ada 3 hal pokok yang harus dikerjakan, yaitu (Gaspersz, 2001: 326):

1. Mengetahui penyebab potensial yang menyebabkan variasi proses
2. Menemukan hubungan variabel-variabel kunci penyebab variasi
3. Menetapkan batas-batas toleransi operasional

e. *Control*

Merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil peningkatam kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan. Ada tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam langkah pengendalian, yaitu (Gaspersz, 2002):

1. Melakukan validasi terhadap sistem pengukuran

2. Menentukan kapabilitas proses yang telah tercapai sekarang
3. Menerapkan rencana-rencana pengendalian proses

### 2.3 *Lean Six Sigma*

*Lean Six sigma* merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* yang dapat didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus radikal untuk mencapai tingkat enam sigma, dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan sistem tarik dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan berupa hanya memproduksi 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi. Integrasi *lean* dan *six sigma* akan meningkatkan kinerja bisnis dan industri melalui peningkatan kecepatan dan akurasi (Gaspersz & Fontana, 2011).

Berikut ini adalah perbandingan antara program perbaikan menggunakan pendekatan *lean* dan *six sigma*:

**Tabel 2.2 Perbandingan *Lean* dan *Six Sigma***

Konsep	<i>Six Sigma</i>	<i>Lean Thinking</i>
Teori	Mengurangi Variasi	Eliminasi Waste
Petunjuk Aplikasi	D-M-A-I-C	<i>Value Stream Analysis</i>
	1. <i>Define</i>	1. Identifikasi nilai
	2. <i>Measure</i>	2. Identifikasi <i>value stream</i>
	3. <i>Analysis</i>	3. Perbaikan aliran
	4. <i>Improve</i>	4. <i>Customer pull</i>
	5. <i>Control</i>	5. Perbaikan kesinambungan
Fokus	Masalah	Aliran
Asumsi	1. Masalah terjadi	1. Eliminasi waste akan meningkatkan performansi perusahaan
	2. <i>Output</i> sistem meningkat jika variasi di setiap proses dikurangi	2. Perbaikan kecil lebih baik daripada analisa sistem
Efek Utama	Output proses seragam	Reduksi waktu
	2. Peningkatan proses secara independen	

(Sumber: Gasperz, 2007)

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan *Lean* dan *Six Sigma*

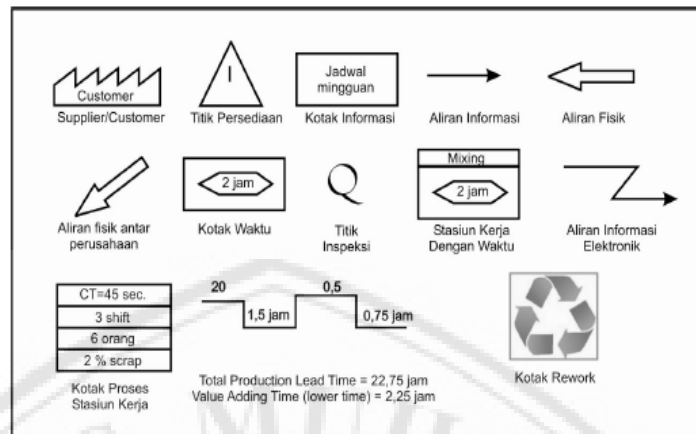
Konsep	<i>Six Sigma</i>	<i>Lean Thinking</i>
Efek Sekunder	1. Variasi berkurang	1. Waste berkurang
	2. Fast throughput	2. Output yang seragam
	3. Persediaan berkurang	3. Persediaan berkurang
	4. Peningkatan kualitas	4. Peningkatan kualitas
Kelemahan	1. Interaksi sistem tidak diperhatikan	1. Statistik atau analisa sistem tidak diperlukan
	2. Peningkatan proses secara independen	

(Sumber: Gasperz, 2007)

### 2.3.1 Value Stream Mapping

*Value Stream Mapping* merupakan diagram terstruktur atau suatu metode yang dipakai dalam melakukan pemetaan berkaitan dengan aliran produk dan aliran informasi mulai dari pemasok, produsen dan konsumen dalam suatu gambar untuk meliputi, semua proses suatu sistem (Agustiningsih, 2011). Pada mulanya VSM dipakai oleh Toyota pada tahun 1980-an sebagai suatu alat yang disebut dengan *Material and Information Flow Mapping*. VSM mampu memvisualisasikan aliran produk dan mengidentifikasi *waste*. Selain itu, VSM membantu dalam kegiatan memprioritaskan masalah yang akan diselesaikan.

Tujuan dari pemetaan adalah untuk mendapatkan suatu gambaran utuh mengenai waktu dan setiap tahap dalam kegiatan proses, sehingga dapat terlihat jelas dan dapat kegiatan yang merupakan *value adding* dan kegiatan yang *non value adding*. Menurut Pujawan (2005) *Value Stream Mapping* adalah pemetaan proses pada level tinggi yang melingkupi proses secara luas namun dengan tingkat kedetailan yang masih rendah. Dari *tool* ini, informasi tentang aliran informasi dan fisik dalam sistem dapat diperoleh. Selain itu penggunaan *tool* ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi dimana terdapat pemborosan, serta mengetahui keterkaitan antara aliran informasi dan aliran material (Hines and Taylor, 2000). Pada gambar berikut ini diberikan symbol-simbol visual standar yang digunakan dalam *Value Stream Mapping*.



Gambar 2.1 Simbol-simbol Visual

Untuk melakukan pemetaan terhadap aliran informasi dan material atau produk secara fisik, Hines dan Taylor dalam Hardiningsih (2006) mendefinisikan langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis dan jumlah produk yang diinginkan customer, timing munculnya kebutuhan akan produk tersebut, kapasitas dan frekuensi pengirimannya, pengemasannya, serta jumlah persediaan yang disimpan untuk keperluan *customer*.
2. Selanjutnya menggambarkan aliran informasi dari *customer* ke *supplier* yang berisi antara lain : peramalan dan informasi pembatana *supply* oleh *customer*, orang atau departemen yang memberi informasi ke perusahaan, berapa lama informasi muncul sampai diproses, informasi apa yang disampaikan kepada *supplier* serta pesanan yang disyaratkan.
3. Menggambarkan aliran fisik yang berupa aliran material atau produk dalam perusahaan, waktu yang diperlukan, titik terjadinya *inventory* dan inspeksi, putaran *rework*, waktu siklus tiap titik, berapa banyak produk dibuat dan dipindah ditiap titik, waktu penyelesaian tiap operasi, berapa jam perhari tiap stasiun kerja beroperasi, berapa banyak produk yang diperiksa di tiap titik, berapa banyak orang yang bekerja di tiap stasiun kerja, waktu berpindah di tiap stasiun, dimana *inventory* diadakan dan berapa banyak, serta titik *bottleneck* yang terjadi.

4. Mengubungkan aliran informasi dan fisik dengan anak panah yang dapat berisi informasi jadwal yang digunakan, instruksi dikirimkan, kapan dan dimana biasanya terjadi masalah dalam aliran fisik. Dan yang terakhir adalah melengkapi peta atau gambar aliran informasi dan fisik, dilakukan dengan menambahkan *lead time* dan *value adding time* di bawah gambar yang dibuat.
5. Melengkapi peta atau gambar aliran informasi dan fisik dengan menambahkan *lead time* dan *value adding time* dibawah gambar yang dibuat.

### 2.3.2 Metode Borda

Prinsip metode *Borda* adalah memberikan peringkat pada alternatif-alternatif yang ada (Bouyssou, 2006). Metode *Borda* merupakan metode *voting* yang dapat menyelesaikan pengambilan keputusan kelompok, dimana dalam penerapannya masing-masing *decision maker* memberikan peringkat berdasarkan alternatif pilihan yang ada, proses pemilihan dalam metode *Borda*, masing-masing *voter* diberikan alternatif pilihan. Di misalkan ada  $n$  kandidat pilihan, kandidat atau alternatif pertama diberikan  $n$  poin oleh *voter* atau *decision maker*. Kandidat kedua diberikan poin  $(n - 1)$  dan seterusnya. Penentuan pemenang atau alternatif terbaik berdasarkan poin yang tertinggi (Ilham & Mulyana, 2017). Implementasi metode *Borda* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Implementasi Metode Borda**

<i>Voter / Decision Maker</i>	Kandidat / Alternatif Pilihan				Ranking	Poin
	A	B	C	D		
1	2	1	4	3	1	3
2	3	1	4	2	2	2
3	1	2	3	4	3	1
Perhitungan Metode <i>Borda</i>	6	8	1	3	4	0

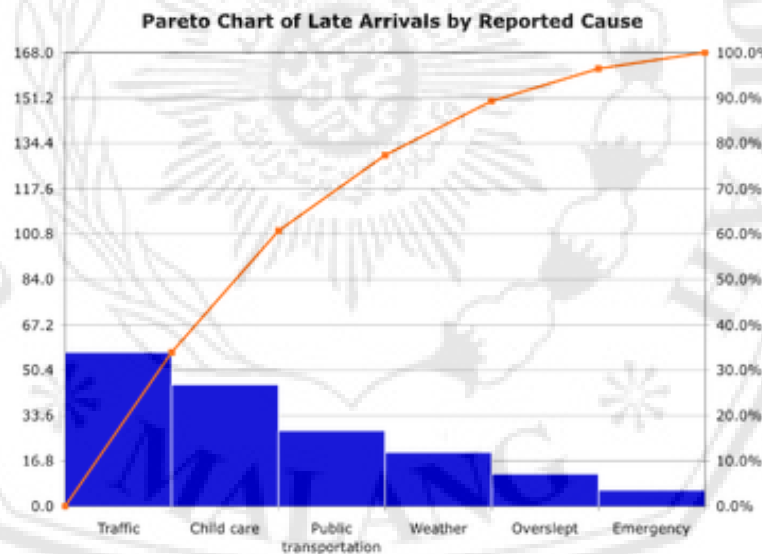
(Sumber: Ilham & Mulyana, 2017)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa, masing-masing *Decision Maker* melakukan analisa alternatif pilihan yang ada. Alternatif pilihan dengan peringkat pertama diberikan poin tertinggi, misalnya peringkat pertama diberikan poin 3, peringkat kedua diberikan poin 2, peringkat 3 diberikan poin 1, peringkat keempat diberikan poin 0. Nilai poin dari hasil pengambilan keputusan masing-masing *decision maker* dijumlahkan secara keseluruhan. Hasil perhitungan metode *Borda*

dengan melibatkan nilai poin alternatif A yaitu  $(2+1+3) = 6$ , alternatif B  $(3+3+2) = 8$ , alternatif C  $(0+0+1) = 1$  dan alternatif D  $(1+2+0) = 3$ . Berdasarkan hasil perhitungan metode *Borda* diatas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai poin tertinggi adalah alternatif pilihan B.

### 2.3.3 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah alat yang digunakan untuk membandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya untuk menentukan pentingnya atau prioritas kejadian-kejadian atau sebab-sebab kejadian yang akan dianalisis, sehingga kita dapat memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak terbesar terhadap kejadian tersebut (Ariani, 2003). Penyusunan diagram pareto berdasarkan urutan dengan proporsi terbesar ke kiri hingga proporsi terkecil. Contoh penggambaran diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Pareto

(Sumber: Montgomery, 2009)

### 2.3.4 Cause & Effect Matrix

Menurut Jing (2008), *Cause & Effect Matrix* merupakan matrik sebab akibat yang dituliskan dalam bentuk tabel dan memberikan bobot pada setiap faktor penyebab masalah.



4. Nilai tahapan korelasi untuk outputs proses dan inputs proses.

		Temp of Coffee	Taste	Strength	Process Outputs Importance
		8	10	6	
Process Steps	Process Inputs	Correlation of Input to Output			Total
Clean Carafe	Hot Water	0	6	3	78
Fill Carafe with Water	Cold Water	3	6	9	138
Pour Water into Maker	Full Carafe	3	9	9	168
Place Filter in Maker	Filter	0	3	3	48
Put Coffee in Filter	Coffee	0	9	9	144
	Coffee Maker w/ Filter				
Put Coffee in Filter	Filter	3	1	0	34
Put Coffee in Filter	Dosing Scoop	9	3	3	120
Receive Coffee Order	Order	0	0	0	0
Pour Coffee into Cup	Hot Coffee	9	6	6	168
Offer Cream and Sugar	Cream	0	6	6	96
Complete Transaction	Money	0	0	0	0
Say Thank You	Coffee Delivery	0	0	0	0

**Process Step Correlation Scores**  
A higher number indicates stronger correlation

Gambar 2.6 Matrik Sebab Akibat - *Process Step Correlation Scores*

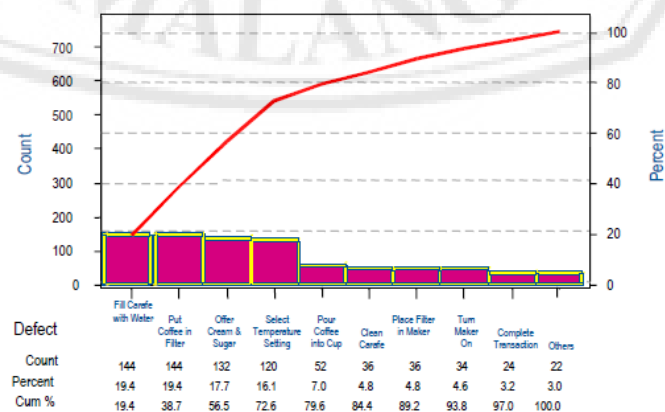
5. Kalikan nilai korelasi dengan nilai faktor prioritas dan jumlahkan untuk setiap masukan.

		Temp of Coffee	Taste	Strength		Process Outputs Importance
		8	10	6		
Process Steps	Process Inputs	Correlation of Input to Output				Total
Clean Carafe	Hot Water	0	6	3		78
Fill Carafe with Water	Cold Water	3	6	9		138
Pour Water into Maker	Full Carafe	3	9	9		168
Place Filter in Maker	Filter	0	3	3		48
Put Coffee in Filter	Coffee	0	9	9		144
	Coffee Maker w/					
Put Coffee in Filter	Filter	3	1	0		34
Put Coffee in Filter	Dosing Scoop	9	3	3		120
Receive Coffee Order	Order	0	0	0		0
Pour Coffee into Cup	Hot Coffee	9	6	6		168
Offer Cream and Sugar	Cream	0	6	6		96
Complete Transaction	Money	0	0	0		0
Say Thank You	Coffee Delivery	0	0	0		0

Process Outputs - Totals

Gambar 2.7 Matrik Sebab Akibat - *Process Outputs-Totals*

6. Buat Diagram pareto berdasarkan hasil dari matrik sebab akibat diatas.



Gambar 2.8 Pareto Chart



### 2.3.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut Gaspersz (2002), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan, kondisi di luar spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk (Mc. Dermott, et al., 2009).

#### 2.3.5.1 Tahapan FMEA

Mc. Dermott, et al. (2009:23) menjabarkan langkah-langkah prosedur FMEA ke dalam 10 tahap, yaitu:

1. Mengkaji ulang proses atau produk
2. Melakukan brainstorming modus kegagalan (*potencial failure mode*)
3. Mendaftarkan efek kegagalan terhadap setiap modus kegagalan
4. Menetapkan bobot *severity* (S) untuk setiap modus kegagalan
5. Menetapkan bobot *occurrence* (O) untuk setiap modus kegagalan
6. Menetapkan bobot *detection* (D) untuk setiap modus kegagalan
7. Menghitung nilai RPN

Menghitung RPN yang merupakan hasil perkalian *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D) dengan rumus:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(5)$$

8. Memprioritaskan modus kegagalan yang mempunyai nilai RPN tertinggi
9. Mengambil tindakan untuk mengeliminasi atau mengurangi modus kegagalan yang tertinggi
10. Menghitung kembali nilai RPN setelah modus kegagalan telah dikurangi atau dieliminasi

Menurut Crow (2002) secara umum, analisis FMEA dipengaruhi oleh tim yang bekerja secara *cross function* pada tahap yang bervariasi pada waktu *design*, proses pengembangan dan perkaitan dan pada umumnya terdiri dari:

1. *Key Process Input*: mengidentifikasi item atau proses yang akan menjadi subyek dari analisis. Termasuk beberapa penyelidikan terhadap desain dan karakteristik-karakteristik reliabilitas.
2. *Potential Failure Mode*: suatu modus kegagalan yang ditemukan pada suatu kegagalan dan penyebab dari kegagalan tersebut.
3. *Potential Failure Effect*: akibat dari potensi kegagalan merupakan hasil dari sebab adanya potensi kegagalan atau diartikan sebagai kelanjutan dari kerusakan yang ada dan akan berakibat menjadi kerusakan yang lebih parah jika tidak adanya tindakan yang sesegera mungkin untuk menanggulangnya.
4. *Potential Causes*: penyebab kegagalan yang kemudian dianalisa dan diteliti sehingga didapatkan secara mekanis kesalahan atau kegagalan dari suatu alat itu dapat terjadi/indikasi kelemahan.
5. *Current Control*: bentuk perlakuan terhadap setiap kejadian untuk melakukan pengendalian proses yang sedang berjalan.
6. *Action Recommendation*: tindakan perbaikan yang erlu dilakukan yang bertujuan untuk mengeliminasi atau menurunkan resiko dan dilanjutkan dengan melengkapi dengan memberikan *action recommendation*.

Berikut ini merupakan contoh FMEA yang ditunjukan oleh Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Contoh Tabel FMEA

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection</i>	<i>Rpn</i>	<i>Action Recommendation</i>
What is the Process Step or Input?	In what ways can the process step or input fail?	What is the impact on the Key Output Variables once it fails (customer or internal requirements)?	How severe is the effect to the customer?	What causes the Key Input to go wrong?	How often does cause or FM occur?	What are the existing controls and procedures that prevent either the Cause or the Failure Mode?	How well can you detect the Cause or the Failure Mode?	Severity x Occurrence x Detection	What are the actions for reducing the occurrence of the cause, or improving detection?

### 2.3.5.2 Skala Penilaian dalam FMEA

Penilaian dalam FMEA terdiri dari *severity*, *occurrence* dan *detection* yang pada hasil akhirnya berupa *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari *potential failure*, semakin tinggi nilai RPN maka semakin menunjukkan tingginya kegagalan (Mc.Dermott, et al., 2009:10).

#### a. *Severity*

*Severity* adalah rating dari keseriusan dari akibat kegagalan yang terjadi. Contoh tabel rating kerusakan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Rating Severity

<i>Rank</i>	<i>Deskripsi</i>	<i>Kriteria</i>
1	<i>None</i>	Tidak disadari oleh pelanggan dan tidak berpengaruh pada produk atau proses
2	<i>Very Minor</i>	Kegagalan kemungkinan dapat menyebabkan konsekuensi secara minor, namun kemungkinan hal tersebut untuk terjadi sangat kecil
3	<i>Minor</i>	Kegagalan merupakan gangguan kecil namun tidak menyebabkan penurunan performa

Lanjutan Tabel 2.5 Rating Severity

Rank	Deskripsi	Kriteria
4	<i>Very Low</i>	Kegagalan dapat menimbulkan <i>minor performance loss</i>
5	<i>Low</i>	Kegagalan mempengaruhi performa produk/proses sehingga dapat menyebabkan adanya <i>complain</i>
6	<i>Moderate</i>	Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan parsial pada produk/proses
7	<i>High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan ketidakpuasan konsumen secara signifikan
8	<i>Very High</i>	Kegagalan menyebabkan produk/proses tidak dapat dioperasikan atau diperbaiki
9	<i>Extremly High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan pelanggaran peraturan pemerintah
10	<i>Dangerously High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan cedera fisik bagi pengguna atau pekerja

**b. Occurance**

*Occurance* merupakan kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan. Contoh tabel rating *occurance* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Rating Occurance

Probabilitas Kegagalan	Probabilitas Terjadinya Kegagalan per Tahun	Possible Failure Rate	Rank
Hampir selalu	> 500	$\geq 1$ dalam 2	10
Sangat tinggi: tidak dapat dielakkan	366 - 500	1 dalam 3	9
Tinggi: kegagalan yang berulang	300 - 365	1 dalam 8	8
Agak tinggi	250 - 300	1 dalam 20	7
<i>Moderate</i> : kegagalan musiman	150 - 249	1 dalam 80	6
Rendah	50 - 149	1 dalam 400	5
Sedikit	10 - 49	1 dalam 2000	4
Sangat sedikit	5 - 9	1 dalam 15000	3
<i>Remote</i> : jarang terjadi	1 - 4	1 dalam 150000	2
Hampir tidak pernah	< 1	1 dalam 1500000	1

**c. *Detection***

*Detectability* adalah kuantifikasi dari kontrol atau prosedur yang ada untuk mengatur fungsi atau yang membuat kegagalan padat terdeteksi. Fungsi deteksi disini adalah untuk melihat apakah kegagalan yang dapat diketahui sebelum terjadinya kegagalan dan juga apakah kontrol yang dimiliki dapat mengurangi kegagalan yang dapat terjadi. Semakin banyak dan semakin lengkap kontrol yang dimiliki, maka deteksi dari kegagalan akan semakin mudah, dan oleh karena itu ratingnya akan semakin kecil. Contoh tabel rating *detection* dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Rating Detectability**

<b>Deteksi</b>	<b>Kemungkinan Deteksi oleh Kontrol</b>	<b>Rank</b>
Hampir tidak mungkin	Pengecekan hampir tidak mendeteksi kegagalan	10
Sangat sedikit kemungkinan	Sangat kecil kemungkinan untuk pengecekan bisa mendeteksi kegagalan	9
Sedikit kemungkinan	Kecil kemungkinan untuk pengecekan bisa mendeteksi kegagalan	8
Sangat rendah	Pengecekan mempunyai peluang yang rendah untuk mendeteksi kegagalan	7
Rendah	Pengecekan kemungkinan mendeteksi kegagalan	6
Cukup	Pengecekan kemungkinan akan mendeteksi kegagalan	5
Cukup tinggi	Pengecekan kemungkinan cukup besar akan mendeteksi kegagalan	4
Tinggi	Pengecekan kemungkinan besar akan mendeteksi kegagalan	3
Sangat tinggi	Pengecekan hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan	2
Hampir pasti	Pengecekan pasti dapat mendeteksi kegagalan	1